

Nota Técnica: Mejoramiento del proceso de laqueado de aluminio recocido para la elaboración de láminas termoacústicas

Carmen Geant de Flores*, Erika Rangel

Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

Resumen.-

Esta investigación tiene como finalidad la evaluación, propuestas de mejoras y establecimiento de estándares de calidad del proceso de laqueado de aluminio recocido para la elaboración de láminas termoacústicas. Se establecieron estándares de calidad, en los cuales se presentan tanto las características del aluminio laqueado requerido como las diferentes variables de proceso y de materia prima necesarios para mejorar el proceso. Además se estableció un procedimiento de laqueado donde se mencionan las variables a tomar como referencia antes, durante y después del proceso. Entre las conclusiones más destacadas se tiene que el aluminio recocido manifiesta el problemas de flameo, por lo que se deben realizar ajustes en máquina para disminuir este problema. En cuanto a los logros obtenidos se tienen: Conocimiento del proceso de laqueado y factores que lo afectan como la integración del personal a los estándares y métodos establecidos y finalmente el establecimiento de mejoras para disminuir fallas.

Palabras clave: aluminio recocido, laqueado, termoacústicas.

Technic Note: Improvement of the lacquered annealed aluminum process for the production of thermoacoustic sheets

Abstract.-

This research aims at evaluation, proposals for improvement and establishment of quality standards of lacquering annealed aluminum process for the production of thermoacoustics sheets. Standards of quality was established, which are both required features of lacquered aluminum as process variables and raw material needed to improve the process. In addition, was established a process of lacquering which takes into account each of the variables to take as a reference before, during and after the process. Among the most important conclusions of these work is that the annealed aluminum present flutter problems can be manifested in the lacquering process, so adjustments must be made at the machine to reduce this problem. As for the achievements we have: Knowledge of the lacquering process and factors that affect and established methods and improvements to reduce failures.

Keywords: aluminum annealing, lacquered, thermoacoustic.

Recibido: diciembre 2010
Aceptado: febrero 2011

*Autor para correspondencia
Correo-e: carmenfgeant@hotmail.com (Carmen Geant de Flores)

1. INTRODUCCIÓN

La investigación se lleva a cabo en las instalaciones de una empresa, que elabora membranas impermeabilizantes, productos asfálticos y láminas termoacústicas para techos. La propiedad más importante de estas láminas es reducir los efectos que el calor y el ruido provocan en el ambiente de una edificación y están formadas por un refuerzo de acero, cubiertas de asfalto tratado y una lámina

de aluminio (foil) laqueado con recubrimientos industriales.

Se entiende por recocido del aluminio el tratamiento que se realiza para conferir al aluminio mejor conformabilidad; esto significa prepararlo para el proceso de extrusión, o para posterior laminación, plegado o estampado. Con los recocidos totales se pretende eliminar las tensiones propias del producto fundido, un equilibrio de los granos segregados y una disolución de los constituyentes estructurales eutécticos en sus bordes [1].

Luego del recorrido del aluminio por la laqueadora, se procede a embobinar la bobina ya tintada. A está bobina proveniente del proceso de laqueado se le denomina bobina laqueada [2].

La investigación es realizada específicamente en el área de laqueado de aluminio recocido para la elaboración de laminas termoacústicas, y consistió en el diagnóstico y análisis de las fallas inherentes al proceso. De igual manera, se establecieron estándares de calidad para aluminio laqueado y procedimientos para el proceso productivo que permiten disminuir la aparición de fallas. La presente investigación contribuye con el buen desempeño productivo de la empresa, ya que plantea posibilidades de mejoras en el proceso productivo y presenta una compilación bibliográfica amplia del problema en estudio.

El proceso de laqueado de aluminio recocido se basa en cuatro sistemas principales y un sistema de ajustes a lo largo de la línea. La primera parte se denomina sistema de impresión, luego se encuentra el sistema de secado, después el sistema de enfriamiento y por último el sistema de embobinado del aluminio laqueado. Un sistema de impresión está constituido por un conjunto de rodillos y tintas de impresión cuya principal función es imprimir una capa de recubrimiento sobre la superficie o sustrato.

Los principales sistemas de impresión utilizados en este proceso son: rotograbado y flexografía.

El Rotograbado es una técnica de impresión donde las imágenes se transfieren al papel a partir de una superficie cuyas depresiones contienen tinta, a diferencia del grabado tipográfico, en el que la impresión se realiza a partir de una superficie plana cuyas líneas entintadas están en relieve.

La flexografía (*flexography*) es un sistema de impresión en altorrelieve (las zonas de la plancha que imprimen están más altas que aquellas que no deben imprimir). Al igual que en la tipografía, xilografía o linograbado, la tinta se deposita sobre la manga, que a su vez presiona directamente el sustrato imprimible, dejando la mancha allí donde ha tocado la superficie a imprimir. Lo que distingue la flexografía de la tipografía (de la que es un derivado) es que la manga es de un material gomoso y flexible (de ahí su nombre de flexografía) [3].

2. METODOLOGÍA

Según los objetivos planteados, en cuanto a profundidad la investigación es un proyecto factible, ya que durante el desarrollo de la investigación se analizaron las variables que influyen sobre el proceso de laqueado de aluminio recocido para la producción de láminas termoacústicas, crear procedimientos y establecer estándares a seguir en el proceso para aumentar la calidad de dicho proceso y disminuir perdidas. En cuanto a la estrategia o diseño de la investigación es de campo, ya que se tomaron datos y muestras directas del proceso y se realizaron los análisis fisicoquímicos respectivos para determinación de estándares de viscosidad, % sólidos, colorimetría, sin modificar dichas propiedades [4].

-Toma de muestras

Se tomaron muestras de bobinas de aluminio recocido que se utilizan en la laqueadora. Esto se realizó tomando una muestra de cada bobina que se montó en la laqueadora por un lapso de 12 días, considerando que el muestreo solo se pudo hacer en el primer turno (aproximadamente tres bobinas) y que el tipo de aluminio recocido (calibre y proveedor) depende de la planificación pautada según pedidos de láminas.

-Caracterización de la tinta

Se midio % solidos [6] y viscosidad de la tinta virgen y la tinta en la cuba de aplicación[7], color[3].

Tabla 1: Gramaje usado para el laqueado de aluminio recocido por color y posición en la lámina

	Gramaje(g/m^2)	
Color	Aplicación interior	Aplicación exterior
Rojo ladrillo	4,2–5,2	8,0–9,0
Blanco opaco	4,2–5,2	6,0–7,0
Verde opaco	6,5–7,5	· · ·
Laca transparente	0,8–1,0	· · ·
Verde transparente	0,8–1,0	· · ·

Fuente Loyo, 1997 [2]

-Determinación de los estándares de calidad en el proceso de laqueado

Para cada color se realiza el siguiente procedimiento durante el proceso de laqueado:

1. Se toma muestra de la bobina laqueada.
2. Se mide el gramaje [8].
3. Se verifica el gramaje según la Tabla 1.
4. Se ajusta la viscosidad de la tinta en la cuba para obtener un valor medio de gramaje según lo especificado en el punto anterior
5. Se mide la adherencia de la bobina laqueada [9].

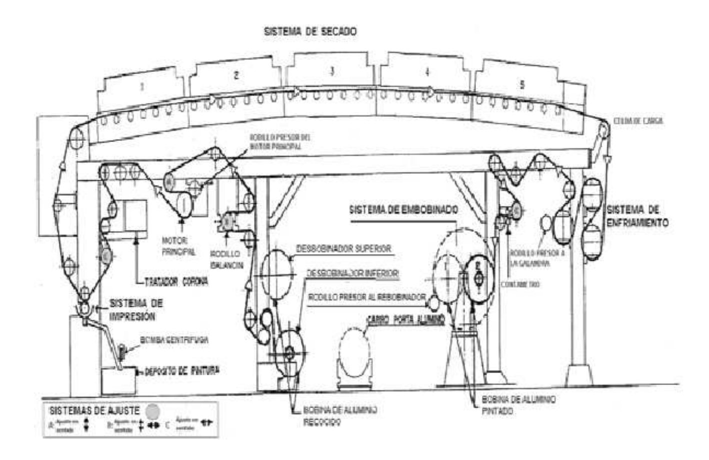


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de laqueado de aluminio recocido en la empresa.

-Determinación de las variables del proceso

Se elaboro un diagrama de flujo del proceso (ver figura 1).

Se midieron temperaturas en cada una de las etapas de secado (°C), velocidad del proceso (m/mim), tipo de sistema de impresión y tipo de rodillo

-Estandarización del proceso

Se preparó un formato de estandarización por color de aluminio laqueado.

-Procedimiento para el laqueado de las bobinas recocidas

Se elaboró un procedimiento que contiene 3 etapas: Puesta en marcha, proceso de producción y finalización del laqueado

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomó como base un inventario realizado en el almacén de producto rechazado en el área de aluminio. La información de cada bobina fue tomada de la etiqueta de rechazo en la cual se tiene información del peso de la bobina, color laqueado, defecto que presenta, calibre del aluminio y número de bobina laqueada.

En total fueron 62 bobinas rechazadas que representan un total de 12848 kg de aluminio laqueado con defectos. En términos generales, se logró identificar de forma directa las principales fallas presentes en cada una de las bobinas de aluminio laqueado rechazado y se estableció un porcentaje de rechazo por defectos.

Tabla 2: Defectos de aluminio laqueado del almacén de aluminio de la empresa

Cat.	Fallas	T	P	PA
A	Venas y Arrugas	8045	62,62	62,62
B	Fallas de Impresión y/o rayas	2580	20,08	82,70
C	Gramaje y tono alto	852	6,63	89,33
D	Gramaje y tono bajo	785	6,11	95,44
E	Bloqueada	586	4,56	100,00

Cat: Categoría, T: Total (Kg), P: Porcentaje, PA: Porcenteje acumulado

En la Tabla 2 se muestra un resumen de las principales fallas de aluminio laqueado encontradas en dicho inventario. La Tabla 2 sirvió como base para elaborar del diagrama de Pareto [10]-

De acuerdo a la Figura2 se puede observar que la principal causa de rechazos de aluminio laqueado son las arrugas y las venas con un total de 8045 kg lo cual representa más del 60 % del total de aluminio rechazado, además de la Tabla 2 se puede ver que el color que representa más kilogramos

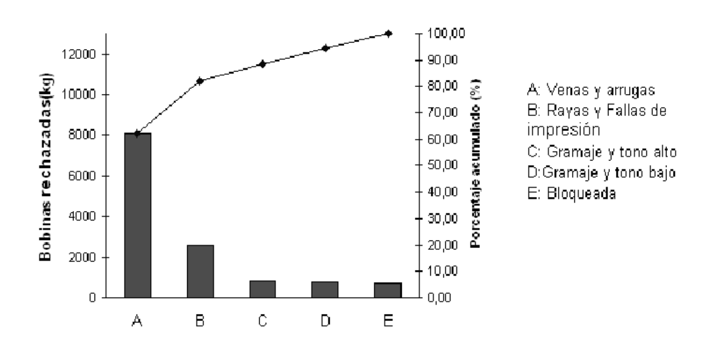


Figura 2: Diagrama de Pareto con los principales defectos del aluminio laquedado recocido

de defectos es el rojo ladrillo interior, el cual se trabaja con sistema flexográfico con rodillo liso de goma. Estas bobinas no pueden ser aprovechadas para el proceso de elaboración de láminas debido a que por las arrugas y venas se presentan roturas en dicho proceso; por lo tanto son vendidas como producto de segunda a otras compañías.

Luego, se tienen como fallas significativas las rayas y las fallas de impresión con un total de 20 % de rechazo. Se pudo observar que la mayoría de estas bobinas eran de color verde transparente, el cual se trabaja con sistema de rotograbado con rodillo de 70 líneas.

También, se pudo verificar que la menor cantidad de rechazos se presentó por tono y gramaje fuera de especificaciones con aproximadamente 6 % de rechazo para cada uno, y como se puede ver en la Tabla 1 se encuentran distribuidos entre el color verde transparente y rojo ladrillo interior de flexografía.

En menor cantidad se encontraron con defectos las bobinas bloqueadas o pegadas por falta de temperatura, gramaje alto o por alta velocidad de la máquina. Todos los rechazos por este defecto provienen de bobinas con sistema flexográfico de laqueado, en el cual el gramaje (o cantidad de tinta por unidad de área) es mayor que en rotograbado. Cabe destacar que, aunque este defecto represente el menor porcentaje de rechazo (4,56 %) las bobinas no son recuperables de ninguna forma y representan una pérdida total tanto de tinta como de aluminio recocido.

Cada una de estas fallas encontradas se debe a la falta del establecimiento de estándares de calidad, así como también por la falta de un método operativo que permita establecer pautas y normas a seguir para la realización del proceso. Por otro lado se evidencia la falta de capacitación del personal operativo por la rotación continua de estos en la empresa.

-Análisis del proceso

Para el análisis de las causas de las fallas en el proceso no se tomó en cuenta el parámetro *Método* debido a que en la empresa no se encuentran establecidos métodos ni procedimiento para este proceso. Por medio de las visitas a planta entrevistas con el personal de la línea y seguimiento continuo del proceso se logró establecer las posibles causas de las fallas encontradas en aluminio laqueado determinadas en el objetivo anterior (ver Figura 1). De acuerdo la Fabla 1 se tienen como principales defectos de aluminio laqueado: Venas y arrugas, rayas y fallas de impresión, gramaje y tono alto, gramaje y tono bajo y bobina bloqueada. Para cada uno de estos defectos se realizó un seguimiento del proceso para la determinación de las posibles causas que originan su aparición y de esta manera se construyeron los diagramas de causa efecto: Se observan 4 factores principales que originaron bobinas de aluminio laqueado con arrugas y venas:

Máquina: De acuerdo a los expertos una de las principales variables a manipular para el laqueado de aluminio recocido de forma exitosa es el control de cada una de las partes de la máquina.

En primer lugar se presentó como uno de los principales factores que originan la presencia de arrugas y venas en el laqueado de aluminio recocido la presencia de residuos de tinta en los rodillos de la maquina, principalmente en los rodillos del túnel de secado ya que los residuos se marcan sobre el aluminio o porque el sucio no permite el giro de los rodillos lo que ocasiona flameo y por ende la formación de las venas y las arrugas. Por lo general estos rodillos se ensucian al producirse una rotura de aluminio recocido en el proceso y se continúa trabajando sin la limpieza de los mismos, debido a que para realizar este mantenimiento la máquina debe estar parada para que el horno esté frío.

Mediante las visitas a plantas se observó que en

ocasiones para el mantenimiento de los rodillos estos son bajados de la maquina y se mandan a rectificar, como no existen rodillos de repuesto se trabaja sin estos lo cual ocasiona flameo de aluminio recocido lo cual genera venas y arrugas.

Por otra parte otra variable de máquina que debe ser controlada para un recorrido de aluminio recocido sin la generación de venas y arrugas son las tensiones a lo largo de la línea por medio de los siguientes mecanismos: Las calandras el rebobinador, el rodillo balancín y los rodillos manuales (Ver Figura 1).

El aluminio es fijado sobre calandras y rebobinador por medio de rodillos presores los cuales son rodillos de goma que ajustan (por medio de presión sobre el aluminio en ambas esquinas) de las calandras y el rebobinador. Todas estas tensiones no son medibles sino que se ajustan según la aparición o no de arrugas de aquí deriva la importancia del ajuste de las mismas desde el inicio del proceso [8].

Materia prima: La materia prima que influye en la aparición de venas y arrugas en el proceso de laqueado es el aluminio recocido por medio del flameo de éste en el proceso[11].

No se tiene una manera de predecir cual bobina de aluminio recocido, de cual calibre, o de que proveedor va a presentar flameo durante el proceso, por esta razón de acuerdo a la programación se monta una bobina en máquina se realizan los ajustes de tensiones y si no se logra la estabilización del sistema se baja la bobina y se intenta con otra. La mayoría de las bobinas se logran ajustar con las modificaciones de tensiones en los diferentes puntos del sistema. Sin embargo se pierde mucho material durante la estabilización.

Mano de obra: El factor humano es muy importante para el laqueado del aluminio recocido, se requiere de un personal completamente entrenado en cada una de las partes del sistema, conocedor de los defectos que se presentan y capaz de modificar las variables que pueden disminuir el producto no conforme. A pesar de estas necesidades no se cuenta con material instructivo para la capacitación de personal ni con manuales que permitan servir como base ante la presencia de problemas en máquina. Por otro lado cabe destacar que para el laqueado del aluminio recocido se necesita que el personal luego de la estabilización de la máquina continúe con la revisión constante del producto final debido a que se presentan momentos en los cuales se desajusta el proceso y comienza a salir arrugas y venas a pesar de los ajustes iniciales, por diferencias de tensión a lo largo del desbobinado del aluminio laqueado como materia prima

A continuación se presenta el análisis para el problema de rayas y fallas de impresión se tienen 4 causas que generan su presencia durante el proceso de laqueado de aluminio recocido:

Máquina: La zona crítica donde se generan las rayas y fallas de impresión en máquina es el sistema de impresión en el cual interactúan cada una de las partes de este sistema: racla y rodillos de impresión (para el sistema rotograbado) y rodillo presor al tintor y rodillo de goma (para el sistema flexográfico). En general la principal causa de este defecto es la falta de mantenimiento de cada una de las partes antes mencionadas, por ejemplo, si se coloca una racla o un rodillo de impresión con golpes o zonas desgastadas, estos defectos serán grabados sobre el aluminio laqueado originando fallas de impresión, betas o zonas no homogéneas. Por otro lado si se presenta algún sucio en uno de estas piezas este origina la presencia de rayas o zonas sin tinta. Cuando el sistema es rotograbado es importante que el ajuste de la racla sobre el rodillo de impresión este al mismo nivel a lo largo del contacto entre los mismos debido a que si hay una zona menos ajustadas por esa área pasa mayor cantidad de tinta por lo cual se nota en la bobina laqueada un lado más oscuro. Esto también aplica para el sistema flexográfico en el ajuste del rodillo liso y el rodillo presor. (Ver Figura 1)

Otra zona de máquina en la cual también se generan agentes causantes de rayas en el aluminio laqueado es la cuba debido a que en esta se forman grumos de tinta gelada por la característica innata de la tinta y por el ajuste continuo de la viscosidad dentro de la misma con la adición continua de tinta virgen o Mek. De aquí la importancia de un mantenimiento preventivo de la cuba.

Mano de obra: La falta de mantenimiento y de seguimiento continuo del proceso es la principal

causa de rayas y fallas de impresión de aquí deriva la importancia del entrenamiento y capacitación del personal de máquina. En proceso se debe realizar seguimiento continuo del producto final (bobina laqueada) verificando que esta no presente defectos ya que al salir rayas se deben tomar acciones correctivas inmediatas con el fin de disminuir los metros con defectos en la bobina laqueada. Igualmente se debe vigilar de forma continua el nivel de tinta en la cuba debido a que al bajar este nivel también aumenta la producción de grumos de tinta en la cuba lo cual aumenta la probabilidad de rayas y fallas de impresión. (Ver Figura 1)

Materias primas: El aluminio recocido es una de las materias primas que afecta el laqueado de aluminio rayas en el proceso debido al flameo del aluminio recocido, esto se origina porque la inestabilidad del paso del aluminio por el sistema de impresión genera movimientos que no permiten la adherencia continua de la tinta sobre el papel.

La presencia de grumos de tinta o tinta gelada de recepción es un factor que origina rayas en el laqueado. Así mismo la contaminación del metiletilcetona por proveedor o en el almacenamiento es otro factor que origina dicho defecto.

Medio ambiente: El medio ambiente influye con la presencia de sucio, restos de estopas que se usan para limpieza de rodillos, tinta seca o cualquier otro agente contaminante en el área de impresión es otra de las causas de fallas de impresión, ya que estos pueden caer con facilidad dentro del sistema.

Se presentan las principales causas que originan aluminio laqueado con gramaje y tonalidad fuera de especificaciones:

Máquina: En cuanto a las variables de máquina que influyen directamente sobre el gramaje y la tonalidad del aluminio laqueado se tienen el ajuste que se le da a la racla para rotograbado o el rodillo presor sobre el rodillo de impresión para sistema flexográfico, esto debido a que si se le da mayor presión se impregna menor cantidad de tinta por lo cual el gramaje y la tonalidad se observa un tono más bajo al estándar, por el contrario si la separación de los mismos es mayor el gramaje y la tonalidad se observa alto con respecto al estándar. Esta separación se ajusta en proceso y no es una variable medible[2].

Otro factor que influye directamente en el valor del gramaje y la tonalidad es la limpieza y mantenimiento de los rodillos, sobre todo los rodillos de líneas de rotograbado, debido a que si los pequeños huecos donde se deposita la tinta para la impresión se encuentran sucios la cantidad de tinta que se imprime es menor por lo tanto se disminuye tanto el gramaje como la tonalidad.

Manode obra: Es importante el chequeo constante de la viscosidad de la tinta en la cuba durante el proceso debido a que esta va en aumento debido a la evaporación del Mek y este aumento de viscosidad genera un aumento de gramaje y tonalidad. Al inicio del proceso se debe medir el valor de viscosidad y gramaje de bobina laqueada por operador y por control de calidad de manera de verificar estos valores y garantizar que se mantengan a lo largo del laqueado.

Medición: Las variables medibles que influyen en el valor del gramaje y el tono son la viscosidad y el gramaje, ambas dependen directamente del entrenamiento y habilidad del operador para el uso de la balanza o el cronómetro o para realizar los cálculos respectivos. Para la determinación del gramaje es importante que la balanza se encuentre calibrada y perfectamente operativa. Para la determinación de la viscosidad influye la limpieza de los orificios de la copa Ford # 4 y la copa Zahn # 2 y de la calibración del cronómetro [7]

Materia prima: La tinta de recepción es la materia prima que afecta el gramaje y la tonalidad, esto, debido a que la dilución con metiletilcetona en proceso va a depender directamente de los valores de viscosidad, porcentaje de sólidos y de la tonalidad de ésta. Por este motivo en la recepción se realiza la determinación de estas tres variables para cada lote de tinta.

A continuación se muestran las variables de máquina, medición y de materia prima que influyen en el que se pegue una bobina laqueada:

Máquina: La bobina laqueada se pega por varios factores. En primer lugar influye la velocidad de la máquina, debido a que si la velocidad es alta falta tiempo de curado de la tinta por lo cual esta llega húmeda (falta de secado) al área del embobinado

de la bobina laqueada por lo que se pega de la otra cara del aluminio laqueado. Esto también se puede originar por falta de temperatura en el área de secado o por falta de enfriamiento en el área de las calandras [11].

Medición: La variable medible que influye en la generación del pegado de la bobina laqueada es la viscosidad de la tinta ya que si esta es alta se necesita más temperatura o tiempo de secado que la que se necesita para una viscosidad especificada. Este valor depende directamente del operador, la limpieza de la copa para la medición y del mantenimiento del cronómetro a utilizar.

Materia prima: El valor de la viscosidad de la tinta de recepción es un factor que interviene en la generación o no del pegado de una bobina laqueada ya que de este valor depende la dilución que se le da a la tinta en el proceso, por lo cual este valor debe ser medido por el operador al recibir la tinta en máquina [7].

Tabla 3: Valores de gramaje y adherencia determinados para cada color de bobina laqueada

Color	Gramaje (g/m^2)	Adherencia
Verde transparente	0,91	ok
Rojo ladrillo interior	4,71	ok
Rojo ladrillo exterior	8,53	ok
Blanco opaco interior	4,68	ok
Blanco opaco exterior	6,48	ok
Verde opaco	7,08	ok

Se presentan los estándares de calidad en el proceso de laqueado de aluminio recocido para cada color, con el fin de generar los parámetros a seguir para obtener bobinas pintadas de calidad. Para ello se realizó un seguimiento del proceso para cada color de aluminio laqueado. Para esto se ajustó en máquina al inicio del proceso el gramaje de aluminio laqueado de manera de obtener un valor de gramaje medio para cada color según los valores de gramaje establecidos en la Tabla 1. Luego se tomó muestras de aluminio laqueado tinta de recepción y tinta de impresión y se realizaron los análisis que se presentan a continuación.

En la Tabla 3 se observan los valores de gramaje y adherencia del aluminio laqueado [15] tomado como muestra para la estandarización. Los ensayos de gramaje se realizaron según la norma de la empresa [5] . Los ensayos de adherencia todos resultaron sin problemas de desprendimiento de tinta según la norma [9] especificada.

Luego se determinó tanto la viscosidad como el porcentaje de sólidos de la tinta de aplicación de la cuba como la tinta de recepción. Estos valores se muestran en la Tabla 4

Para la determinación de la viscosidad tanto de recepción como de aplicación se utilizó copa Zahn # 2 para colores transparentes y copa Ford # 4 para colores opacos[7].Asimismo se tiene la determinación del porcentaje de sólidos según la Norma [6].

Se tomaron los valores de las variables de proceso que influyen en el cumplimiento de estándares de calidad, como lo son: la temperatura de secado del horno, la velocidad del paso del aluminio por la máquina, el sistema de impresión y el tipo de rodillo del sistema de impresión utilizado. En la Tabla 5 se presentan estas variables.

A medida que el gramaje de tinta es mayor la velocidad de la máquina debe disminuir debido a que la tinta necesita un mayor tiempo de secado para evitar que se pegue. Para laqueado con tintas transparentes como el gramaje es mucho menor las temperaturas del sistema de secado también se deben disminuir para evitar degradación de la tinta y cambio de tonalidad del aluminio laqueado [2].

Luego se realizó el ensayo colorimétrico a cada una de las muestras de aluminio laqueado de manera de establecer las coordenadas de color de manera de que sirva como base de verificación de la tonalidad de aluminio laqueado para cada color. En la Tabla 6 se presentan dichos resultados.

En el espacio CIELAB cada coordenada determina la medida del color. Para el color verde la coordenada que predomina es (-a), para el blanco la coordenada predominante es (L^*) y para el rojo es (+a) [15].

En acuerdo con los expertos se determinó que en la práctica al medir la colorimetría de una muestra

Tabla 4: Determinación de la viscosidad y el % de sólidos de la tinta de la cuba y la tinta de recepción para cada color

		Tinta de			
		recepción		aplicación	
Color	Proveedor de tinta	Viscosidad (seg)	% sólidos	Viscosidad (seg)	% sólidos
Verde transparente	Cinducover	25,45	23,41	19,40	21,57
Rojo ladrillo interior	Cinducover	102	33,07	19,63	23,11
Rojo ladrillo exterior	Cinducover	102	33,07	28,08	33,07
Blanco opaco interior	Colquín	114	53,78	98,00	43,35
Blanco opaco exterior	Colquín	114	53,78	107,03	49,68
Verde opaco	Colquín	108	51,09	77,00	44,30

Tabla 5: Variables del proceso para cada color de aluminio laqueado

Color	Temperaturas de secado (*pm* 1°C)					Velocidad (m/min)	Sistema de Impresión	Tipo de Rodillo
Verde transparente	41	145	172	156	60	150	Rotograbado	70 Líneas
Rojo ladrillo interior	42	155	208	200	71	120	Rotograbado	48 Líneas
Rojo ladrillo exterior	43	183	215	215	70	100	Flexografía	Liso
Blanco opaco interior	53	186	218	211	76	120	Rotograbado	48 Líneas
Blanco opaco exterior	51	189	221	215	74	100	Rotograbado	48 Líneas
Verde opaco	50	187	219	210	76	100	Flexografía	Liso

Tabla 6: Coordenadas colorimétricas por color de aluminio laqueado

Color	L*	a	b	B
Verde transparente	82,66	–24,50	6,04	188,40
Rojo ladrillo interior	30,65	29,65	21,27	81,40
Rojo ladrillo exterior	39,48	35,85	23,24	71,20
Blanco opaco interior	83,54	–1,12	–2.43	62,75
Blanco opaco exterior	84,59	–0,99	–2,61	44,50

L*: Luminosidad, a: Tonalidad (rojo a verde) b: Tonalidad (amarillo a azul), B Brillo.

se debe verificar que el valor de la coordenada predominante se encuentre en un rango de *pm* 1 el valor del determinado para la muestra tomada como estándar con un valor de gramaje intermedio (Ver Tabla 1).

Luego se construyeron los formatos de estandarización (Tabla 7 a 10) donde se tabulan cada una de las variables de materia prima, proceso para la obtención de la bobina laqueada por color, así como también las características de color, gramaje y adherencia que ésta debe poseer para que cumpla con las especificaciones. A continuación se presentan por color cada uno de los formatos de estandarizaciones realizados

Se realizó un procedimiento de laqueado de aluminio recocido en la laqueadora fundamentado en el seguimiento de proceso realizado durante el estudio así como también de las investigaciones en bibliografía y en la experiencia del personal. Este procedimiento sirve como base para el personal obrero, analistas de calidad, supervisores de máquina y cada uno de los involucrados en el proceso para comprender y poner en práctica los procedimientos y las variables a tomar en cuenta antes durante y luego del pintado de aluminio recocido.

Puesta a punto

1. Chequear según planificación el color a laquear y seguir las hojas de formatos de

Tabla 7: Variables de estandarización para alum. laqueado verde trans

TINTA DE RECEPCIÓN								
Viscosidad Copa Zahn (±1 seg.)	20,06	% Sólidos (±2 %) COVENIN 680				23,80		
TINTA APLICACIÓN (Transparente)								
Color	Verde Transparente	Viscosidad Copa Zahn (±1 seg.) COVENIN 751				19,40		
Proveedor	Cinducover	% Sólidos (±2) COVENIN 680				21,57		
VARIABLES DE PROCESO								
Sistema de Aplicación	Rotograbado	Tipo de Rodillo		70 Líneas				
Vel. de Aplicación (m/min)	150	Temp. Túnel de Secado	I	II	III	IV	V	
		(± 1°C)	41	145	172	156	60	
ALUMINIO PINTADO								
Gramaje (±0,001) (g/m^2)	0,91	Adherencia				ok		
COLORIMETRÍA ESTÁNDAR								
Coordenada Predominante Escala CIELa*b*								
-a (Tonalidad rojo a verde)								
-24,5 (±1)								

estandarización por color de manera de verificar todas las condiciones necesarias para el laqueado.

2. Se debe cambiar la manga del cilindro portamangas del sistema de impresión de acuerdo al calibre de aluminio a laquear verificando que esta se encuentren en buen estado sin golpes debido a que esto afectaría directamente sobre el proceso de impresión.
3. Se debe realizar un mantenimiento semanal a los rodillos del túnel de secado, rodillos de la línea y calandras de manera de garantizar que estos estén libres de tintas secas o aluminio que puedan ocasionar problemas.
4. Realizar la limpieza del rodillo de impresión con Mek y estopa tomando en cuenta que el proceso de limpieza traslado e instalación debe ser tal que se garantice que no exista ningún tipo de golpe sobre el mismo.
5. Se debe realizar un mantenimiento semanal de todos los rodillos de impresión con removedor y un cepillo de celdas blandas de manera de limpiar las celdas que estén tapadas de tintas secas.
6. Si el sistema es rotograbado, realizar la limpieza del racle con tela y Mek verificando que la hojilla no esté desgastada ni golpeada
7. Se instala el rodillo presor y el rodillo tintor con cuidado de no golpearlos según el sistema de impresión a utilizar.
8. Se instala la racla de forma tal que se garantice uniformidad a la izquierda derecha y centro de la bobina. En este punto también es importante ajustar la racla de manera tal que no esté muy apretado al rodillo tintor para evitar que este se desgaste.
9. Se coloca la bomba del sistema de impresión en recirculación con Mek de manera de limpiarla por dentro.
10. Se debe garantizar completa limpieza del piso y de los equipos a utilizar para evitar que cualquier sucio se adhiera al sistema de impresión lo que ocasionaría serios problemas de rayas y fallas de impresión.
11. Se coloca un tintero completamente limpio.
12. Se coloca una cuba completamente limpia y libre de tintas secas o residuos de estopa.
13. A la entrada de la tinta en la cuba se coloca la tela de filtro adecuada (tela de organza) de manera evitar grumos o coágulos de tintas.
14. Llenar la cuba con la tinta previamente analizada y aprobada por control de calidad

Tabla 8: Variables de estandarización para aluminio laqueado rojo ladrillo interior

TINTA DE RECEPCIÓN								
Viscosidad Copa Ford (±1 seg.)	102,00	% Sólidos (±2 %) COVENIN 680					33,07	
TINTA APLICACIÓN (Opaco)								
Color	Rojo ladrillo interior	Viscosidad Copa Ford (±1 seg.) COVENIN 751					19,63	
Proveedor	Cinducover	% Sólidos (±2) COVENIN 680					23,11	
VARIABLES DE PROCESO								
Sistema de Aplicación	Rotograbado	Tipo de Rodillo	48 Líneas					
Vel. de Aplicación (m/min)	120	Temp. Túnel de Secado	I	II	III	IV	V	
		(± 1°C)	42	155	208	200	71	
ALUMINIO PINTADO								
Gramaje (±0,001) (g/m^2)	4,71	Adherencia					ok	
COLORIMETRÍA ESTÁNDAR								
Coordenada Predominante Escala CIELa*b*								
-a (Tonalidad rojo a verde)								
29,65 (±1)								

asegurándose de que ésta es la adecuada para el tipo de rodillo a utilizar. Esto para evitar luego problemas con el gramaje y viscosidad.

15. Con la ayuda de la grúa colocar la bobina de aluminio recocido sobre el desbobinador de manera de evitar cualquier tipo de golpe sobre la bobina.
16. Ajustar la viscosidad de la tinta en la cuba utilizando según el color a laquear, el siguiente procedimiento:
    - Homogeneizar muy bien el tambor contenedor de la tinta. La muestra a ensayar debe estar libre de cualquier material extraño o burbujas de aire.
    - Asegurarse que la copa de medir viscosidad se encuentre totalmente limpia, que no tenga ningún rastro de tinta en la parte interior.
    - Se determina el tiempo de descarga en segundo como sigue: Se tapa el orificio con un dedo y se llena la copa con la muestra, hasta que la parte superior del líquido este perfectamente a ras con la parte superior de la copa, sin evidencia alguna de menisco. Si la copa se llena demasiado, se enrasa la superficie corriendo sobre ella el filo de una espátula, para retirar el exceso de líquido.
    - Con el cronómetro se mide el tiempo desde el momento en que se inicia la descarga, cuando el orificio se abre retirando el dedo, hasta que se interrumpa la corriente del líquido.
    - Después de cada determinación, la copa se debe limpiar utilizando un disolvente apropiado y un cepillo suave. Se debe tener especial cuidado en la limpieza del orificio, y evitar la formación de película en las paredes interiores de la copa.

Proceso de producción

1. El operador junto al jefe del área deben arrancar la maquinaria.
2. Una vez corrido 200 metros, se debe parar la máquina para tomar dos muestras de aluminio pintado de un metro, una de ellas para el analista de calidad y otra para el operador de área. El operador de maquina debe esperar a que control de calidad de la voz de arranque. *no se debe arrancar* la máquina hasta que control de calidad lo indique.

Tabla 9: Variables de estandarización para aluminio laqueado blanco opaco interior

TINTA DE RECEPCIÓN								
Viscosidad Copa Ford (±1 seg.)	114,00	% Sólidos (±2 %) COVENIN 680						53,78
TINTA APLICACIÓN (Opaco)								
Color	Blanco opaco interior	Viscosidad Copa Ford (±1 seg.) COVENIN 751						98,00
Proveedor	Colquín	% Sólidos (±2) COVENIN 680						43,35
VARIABLES DE PROCESO								
Sistema de Aplicación	Rotograbado	Tipo de Rodillo		48 Líneas				
Vel. de Aplicación (m/min)	120	Temp. Túnel de Secado	I	II	III	IV	V	
		(± 1°C)	53	186	218	211	76	
ALUMINIO PINTADO								
Gramaje (±0,001) (g/m^2)	4,68	Adherencia						ok
COLORIMETRÍA ESTÁNDAR								
Coordenada Predominante Escala CIELa*b**								
L* (Luminosidad)								
83,53 (±1)								

3. El analista y el operador deben chequear parámetros de gramaje, tonalidad y para la muestra laqueada verificar que no se tengan rayas, ni ningún tipo de fallas de impresión.
4. Si es necesario se debe ajustar la viscosidad.
5. Si se evidencian problemas de impresión se debe ajustar la racla. Si el problema no es originado por la racla sino por el rodillo de impresión, este debe cambiarse inmediatamente.
6. Si se cumple con parámetros, control de calidad indica arrancar de nuevo la máquina.
7. Verificar las temperaturas en el túnel según hoja de estandarización, que el embobinado sea uniforme, que las calandras estén frías,
8. Si existen evidencias de arrugas y/o venas ajustar mediante presiones de línea, rodillos manuales, rodillos presores.
9. Si siguieran dichos defectos se debe corregir el problema antes de continuar el laqueado.
10. Continuar con el proceso de laqueado y ajustando en todo momento el valor de la viscosidad.
11. Vigilar continuamente que no se produzcan rayas o arrugas u otra falla.
12. Es imprescindible mantener el nivel de la cuba a un nivel no menor de $\frac{3}{4}$ de su capacidad debido a que si este nivel baja la tinta que queda sobre las paredes de la cuba se solidifica y estos sólidos se trasladan hacia el sistema de pintado produciendo problemas continuos de rayas. También al bajar el nivel de la cuba se puede producir la coagulación de la tinta produciendo grumos que ocasionan la misma falla

Finalización del laqueado

1. Terminada la bobina se debe tomar una muestra para el analista y una para el operador de área (ambos deben llevar registro del gramaje por bobina laqueada).
2. Para un cambio de color se debe bajar todo el sistema y se deben limpiar cada una de las partes del sistema de manera que no quede ningún tipo de residuo de tinta.
3. Se deben verificar todas las partes del sistema semanalmente de manera de que no tengan golpes ni rayaduras por mal manejo de operadores.

Tabla 10: Variables de estandarización para aluminio laqueado verde opaco

TINTA DE RECEPCIÓN							
Viscosidad Copa Ford (±1 seg.)		% Sólidos (±2 %) COVENIN 680					
TINTA APLICACIÓN (Opaco)							
Color	Verde opaco	Viscosidad Copa Ford (±1 seg.) COVENIN 751					
Proveedor	Colquín	% Sólidos (±2) COVENIN 680					
VARIABLES DE PROCESO							
Sistema de Aplicación		Tipo de Rodillo					
Vel. de Aplicación (m/min)		Temp. Túnel de Secado	I	II	III	IV	V
		(± 1°C)	50	187	219	210	76
Gramaje (±0,001) (g/m^2)		Adherencia				ok	
COLORIMETRÍA ESTÁNDAR							
Coordenada Predominante Escala CIELa*b*							
L* (Luminosidad)							
33,63 (±1)							

4. CONCLUSIONES

Las causas de rechazo de aluminio laqueado son: arrugas y venas, fallas de impresión, tono y gramaje fuera de especificaciones y bobina bloqueada. Las venas y arrugas representan la principal causa de rechazo de aluminio laqueado en la empresa.Con respecto a la adherencia todas las muestras evaluadas de aluminio laqueado cumplieron con la prueba , y no se evidencia problemas de desprendimiento de tinta en el proceso. El valor de la viscosidad de la tinta de aplicación en la cuba influye directamente en el gramaje y la tonalidad del aluminio laqueado y a medida que el gramaje de la bobina a laquear es mayor se utiliza un rodillo de impresión de menor número de líneas. En el establecimiento de los estándares colorimétricos para escala CIELAB se utilizó como referencia la coordenada colorimétrica predominante y por medio de la colorimetría se logra obtener una medida del color para la determinación de la tonalidad del aluminio laqueado. . La coordenada colorimétrica predominante para el aluminio laqueado verde es "-a", La coordenada colorimétrica predominante para el aluminio laqueado blanco es "L". Por medio de las estandarizaciones por color de aluminio laqueado se obtienen parámetros a seguir para la mejora del proceso y mediante el establecimiento de procedimientos de un proceso se obtienen métodos y mejoras del mismo. Por medio de un viscosímetro se puede disminuir la disminución del nivel de tinta en la cuba.

Referencias

[1] Hufnagel, W. (2004). "Manual del aluminio Vol. II". Segunda edición Editorial Reverté, s.a. Reimpresión. Barcelona, España
[2] Loyo, A. (1997). "Manual de laqueado de aluminio recocido de Cindú de Venezuela". (Trabajo original). Instituto Universitario de Tecnología de Valencia. Venezuela
[3] Palet, A. (2002). "Tratado de pintura. Color, pigmentos y ensayo". Editorial Universidad de Barcelona. Barcelona, España
[4] Baptista, P., Fernández, C., Hernández, R. (1991). "Metodología de la investigación". Editorial Mc Graw-Hill. México
[5] ASTM E 345.determinacion dela resistencia alesfuerzo y % de elongación para una muestra de foil de aluminio (Manual técnico).
[6] COVENIN.Pinturas y afines.Determinación de l contenido de material no volátil.2da revisión .FONDONORMA.680-1996(1996) 1-4.
[7] COVENIN. Pinturas y afines. Determinación de la viscosidad mediante viscosímetro Copa Ford.2da revisión.FONDONORMA751:1999(1999) 1-6

[8] Lugo, E (2004). “Evaluación de la materia prima y las láminas termoacústicas fabricadas en Cindu de Venezuela, S.A”. (Trabajo original) Instituto Universitario de Tecnología de Valencia. Venezuela

[9] COVENIN. Pinturas y afines. Determinación de la adhesión. FONDONORMA 404-83(1983) 1-3

[10] Chang, R., Niedzwiecki, M. (1999). “Las herramientas para la mejora continua de lacalidad vol. 2”. Ediciones Granica, Tec. Consultores.Argentina

[11] Flores, D. (2008). “Evaluación del rendimiento de las bobinas desde el proceso de gofrado del aluminio laqueado hasta la fabricación de las láminas en la empresa Cindu de Venezuela, S.A”. (Trabajo original). Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gomero. Valencia. Venezuela

[12] Cinta, M., Álvarez, S., Zaragoza, J. (2006). “Ciencia y tecnología de polímeros”. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España

[13] Seymour, R., Carrahere, Ch. (2002). “Introducción a la química de los polímeros”. Editorial Reverté, s.a., Segunda impresión. Barcelona España

[14] Billmeyer, F. (2004). “Ciencia de los Polímeros-Parte I”. Editorial Reverté,s. a. ,Reimpresión ,Barcelona ,España

[15] Soto, J. (2009) “Del trazo al chip: La técnica grafica y sus sistemas”. Ediciones B&B, Santiago, Chile